

I-138

明石海峡大橋補剛桁の静的解析

本州四国連絡橋公団	正員 金崎智樹
本州四国連絡橋公団	正員 河藤千尋
○明石海峡大橋補剛桁工事共同企業体	正員 内海 靖
明石海峡大橋補剛桁工事共同企業体	正員 原 茂樹

1. はじめに

明石海峡大橋は、中央支間長が1990mの超長大吊橋であり、補剛桁の断面は主に風荷重で決定されている。静的解析は、活荷重などの鉛直荷重を解析する面内解析、風荷重などの橋軸直角方向水平荷重を解析する面外解析および死荷重、活荷重などの偏載荷重を解析するねじれ解析に分けて各々解析されている。また、各荷重組み合わせ毎に断面力の集計を行い、補剛桁の各部材の断面設計を行っている。

面内解析は、因島大橋以降、それまでの撓度理論に変わって線形化有限変位理論による影響線解析が主に行われるようになった。なお、大鳴門橋以降では、断面決定に支配的な荷重組み合わせは、有限変位理論による固定荷重解析を行い非線形性に対する照査がなされている。また、解析モデルは、南備讃瀬戸大橋でそれまでの平面棒モデルから平面トラスモデルに初めてモデル化された。

面外解析は、面内解析同様に撓度理論から線形化有限変位理論による固定荷重解析あるいは影響線解析にて行われるようになり、解析モデルでも南備讃瀬戸大橋では、それまでの立体魚骨モデルから初めて主横トラスを等価せん断剛性を有する簡易モデルに置き換えた立体トラスモデルが採用された。

ねじれ解析は、因島大橋で撓度理論による解析が初めて行われ、南備讃瀬戸大橋では、面外解析と同様の線形化有限変位理論による立体トラスモデルでの解析が行われた。

本文は、近年の吊橋の解析手法の著しい進歩のなかで世界最大の明石海峡大橋補剛桁の設計で行った静的解析について報告する。

2. 解析モデル

解析モデルは、面内解析に使用する平面トラスモデルと、ねじれおよび面外解析に使用する立体トラスモデルとの2種類を基本として、各々の解析の特徴を考慮してモデル化を行った。

主横トラスをも忠実にモデル化した立体トラスモデルを採用した理由は、以下のようである。

①梁モデルでは、主構および主横トラスのせん断変形とずり変形の影響を考慮することが難しい。②梁部材への換算剛度の算出および梁部材からトラス部材への軸力変換が必要となる。③コンピュータ技術および数値演算技法などの急速な進歩により、大規模演算が可能となり演算速度が向上した。

静的解析に用いた立体トラスモデルは、節点数が3496点、部材数が8516部材で自由度数は19326におよぶ大規模演算である。図1に立体トラスモデルのモデル図を示す。

3. 静的解析方法

表1に静的解析の解析モデルと解析理論について示す。なお、活荷重については、従来からの等価L荷重に加えてB活荷重についても同様の方法で影響線解析を行った。

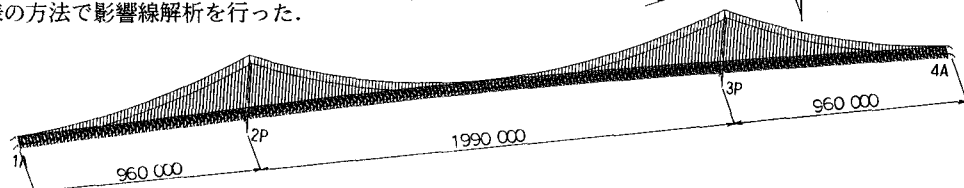
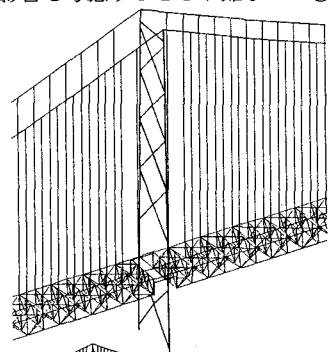


図1 立体トラスモデル

4. 幾何学的非線形性の検討

暴風時に補剛桁は、中央径間中央で橋軸直角方向に約 27m変形し、主構上下弦材には最大約 4000tの軸力が作用する。このため、幾何学的非線形性の検討を行うため、立体トラスモデルにより有限変位理論と線形化有限変位理論の比較を行った。なお、荷重ケースは、主構上下弦材の断面決定に対して支配的な橋軸直角方向風荷重を全橋に固定載荷した。

図2に主構上弦材の軸力図、図3に橋軸直角方向水平変位図を示す。結果として、上弦材軸力で約3%、その他の部材軸力で3~8%有限変位理論による方がわずかに小さな値となり、線形化有限変位理論の妥当性が確認された。

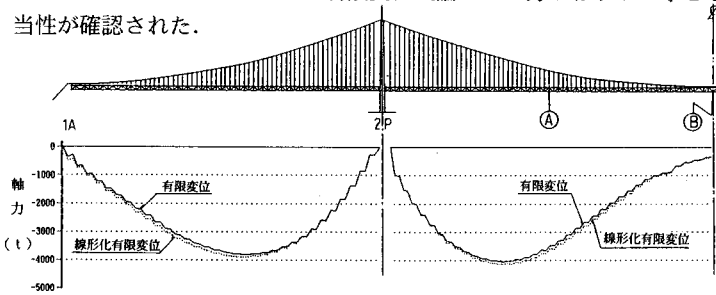
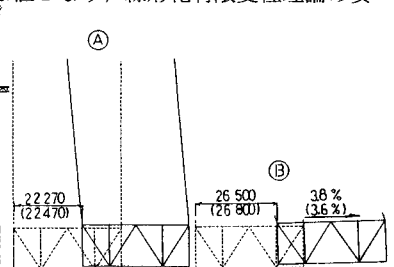


図2 主構上弦材軸力の比較



() 内は線形化有限変位理論

図3 橋軸直角方向水平変位

5. まとめ

静的解析で立体トラスモデルを採用したことにより、各部材の軸力が変換式を用いず直接、精度よく得ることができた。その結果、従来からの解析法では把握できなかった上下横構の軸力差や、主横トラス部材の全体系の影響による断面力を断面設計に反映できた。

図4には、上下横構の軸力図を示すが、中央径間中央付近でねじれとずり変形との影響により上下横構に大きな軸力差が生じている。軸力が極端に小さくなった下横構の設計にあたっては、上下横構の平均軸力を用いることで上下のバランスを図った。

暴風時の横構軸力の影響を受けて、主横トラス弦材には、図5のような軸力が生じ、横構軸力の大きな主塔付近では、主横トラスの断面決定要因となった。

地震応答解析、ガスト応答解析および架設計算も同様の立体トラスモデルを用いて解析を行っている。

明石海峡大橋の補剛桁の設計は、現在、実施設計を行っている途中のため本報告では静的解析の概要を報告したが、実施設計が完了した段階で、再度、地震応答解析などと合わせて詳細を報告する予定である。

(参考文献)

- 1) (社) 建設コンサルタンツ協会近畿支部：吊橋の実績調査報告（長大鋼橋研究委員会），1991.6

表1 静的解析の解析モデルと解析理論

	荷重分類	載荷方法	解析モデル	解析理論
形状決定	全死荷重	固定載荷	平面トラスモデル	有限変位理論
面内解析	横軸方向風荷重 支点移動、温度、 製作架設誤差、他	固定載荷	平面トラスモデル	有限変位理論
ねじれを伴う鉛直荷重解析	活荷重の鉛直荷重 および偏載による ねじれ荷重	影響線載荷	立体トラスモデル	線形化有限変位理論
死荷重の偏載による ねじれ荷重	死荷重の偏載による ねじれ荷重	固定載荷	立体トラスモデル	有限変位理論
面外解析	橋軸直角方向風荷重	影響線載荷	立体トラスモデル	線形化有限変位理論
	橋軸直角方向風荷重、 斜風時風荷重	固定載荷	立体トラスモデル	有限変位理論

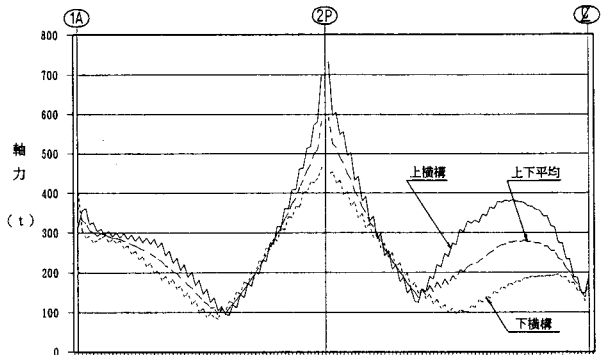


図4 上下横構軸力

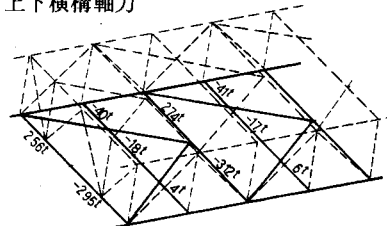


図5 暴風時の主横トラス部材に生じる軸力の一例